

動的貫入に伴って発生する地盤の弾性波振幅を用いた地盤調査法の研究

金沢大学工学部 正会員 松本 樹典, 高原 利幸
 金沢大学工学部 学生会員 石原 幸
 応用地質(株) 正会員 村田 芳信, 斎藤 秀樹

1. はじめに オートマチックラムサウンディング(SRS)は、標準貫入試験(SPT)に比べて打撃エネルギーが安定した動的貫入試験である¹⁾。このSRSの打撃貫入を震源として発生する地盤の弾性波を地表において測定したところ、 S_v 波の振幅と貫入抵抗値 N_d との間に高い相関性が見られた。本研究は、動的貫入試験とそれに伴って発生する弾性波振幅の関係を実験データに基づいて検討し、新しい地盤評価技術を提案するものである。

2. 試験方法 実験は、常総台地と称される洪積台地上で行った。図-1に示すように、SRS地点から離れた任意の地点(26m)に2成分の地震計(速度型ジオフォン、固有周波数10Hz、電圧感度0.4V/kine)を鉛直方向(上下動)および水平方向(放射方向水平動)に設置した。データの収録は、貫入ロッドの上端に取り付けた加速度計をトリガーとして、Geospace社製地震探査装置(DAS-1、増幅率48dB、最大入力電圧 $\pm 5V$ 、24bitA/D変換分解能)を用いた。1打撃毎に発生する弾性波を測定するとともに、ロッドの貫入量を伸縮計式変位計(測定単位mm)を用いて測定した。以下の振幅値は、DAS-1での記録値で表現するが、振幅値100,000が約0.6mkineに相当する。試験は深度33m付近に分布するN値50以上の細砂層を確認するまでとした。

3. 試験結果 打撃貫入によるコーン先端部での弾性波の放射パターンは、図-2に示すように考えられる²⁾。そこで、測定した上下動と水平動を合成し、読み取った振幅値に対して距離減衰(距離に比例する幾何減衰)ならびに震源の放射パターンに関する補正を行なうことで正規化を行なった。さらに、合成波は周波数フィルタ(BPF:20~200Hz)を用いてノイズを除去した。図-3(a)には、1打撃の貫入量 s から20cm当りの打撃回数を換算し、さらにロッドの周面摩擦で補正した N_d 値を深度分布図として示す。図-3(b)には、それぞれの打撃毎に観測された波形記録の中から、深度20cm毎の記録だけを表示する。

4. 考察・検討 深度10mから17m付近には、礫まじりの細砂層ならびに細砂とシルトが数cmの互層状を呈する半固結状の地層が分布しており、 N_d 値は高くその変化は大きい。波形記録も同様に、 S_v 波の初動走時はこれらの高い速度層を中心に弓状の位相を形成することが判る。さらに、図-3(b)では波形の相対振幅を保持して示しており、 N_d 値の高い部分の振幅が大きいことが判る。この位相に応じた S_v 波の最初のピーク振幅を読み取り、正規化した振幅値と N_d 値との関係を検討した。その結果、1打撃毎の S_v 波振幅と N_d 値の関係は、図-4に示すように、地下水位以浅(a)と地下水位以深(b)とで区分され、地下水位以浅では原点を通る一次回帰式で、また地下水位以深では切片 $y=6.7$ の指数回帰式で表わされる。一方、土質の違いによるそれぞれの関係には明瞭な違いは確認できなかった。ただし、深度10~17m間の砂礫層ならびに半固結土では、 S_v 波振幅と N_d 値の関係が大きくばらつくことから、(b)の相関図から除外した。つぎに、これらの関係式を用いて S_v 波振幅から N_d 値を推定し、SRSの試験結果(20cm毎の打撃回数 N_d)ならびに側近で実施したSPTのN値と比較して図-5に示す。図より、 S_v 波振幅から推定された N_d 値は、SRSの貫入曲線と良く相似する。ここで、深度10~17m間の砂礫層ならびに半固結土では、SRSならびにSPTの貫入抵抗値(N_d , N)は、礫打ちならびに狭在する固結砂層の影響により過大な値を示すものと考えられる。したがって、打撃貫入に伴って発生する S_v 波の振幅から推定した貫入抵抗値の方が地盤の強度特性を正しく評価できる可能性が示唆された。

5. おわりに 本研究において、打撃貫入を震源として発生する S_v 波の振幅を用いて、貫入抵抗値で表される地盤の強度特性を正しく評価できる可能性が示された。今後、飽和土および不飽和土のそれぞれにおいて、打撃貫入によるコーン先端地盤の破壊と弾性波発生メカニズムならびに発生波の地盤内減衰の影響を解明し、簡便で精度の高い地盤調査法の開発につなげたいと考えている。本研究を行なうに当たり、応用地質(株)本社技師長室技師長菅原紀明氏ならびに松澤宏氏には多くの助言を頂きましたので、ここに記して感謝の意を表します。

6. 参考文献 1) 石原 幸, 堀之内 富夫, 村田 芳信, 高原 利幸, 松本 樹典: 異なる動的貫入試験における打撃エネルギーの比較, 第37回地盤工学研究発表会, 投稿中, 2002. 2) Rector, J. W.: Utilization of drill bit vibrations as a downhole seismic source, PhD Thesis, Stanford University, 1990.

キーワード: S波, 貫入試験, 動的, N値, 打撃エネルギー

連絡先: 金沢市小立野2-40-20, 金沢大学工学部, Tel076-234-4627, Fax076-234-4632
 つくば市御幸が丘43番地, 応用地質(株), Tel0298-51-6621, Fax0298-51-5450

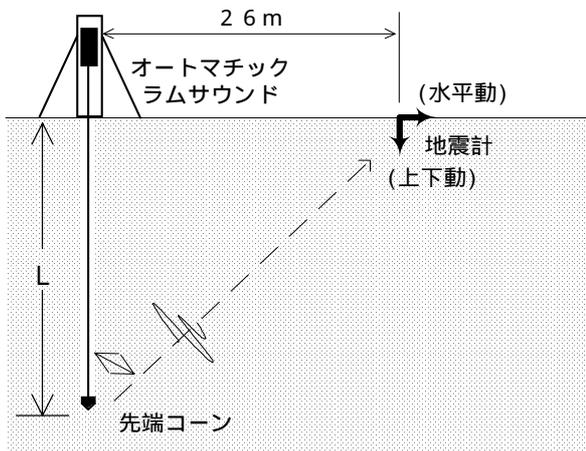
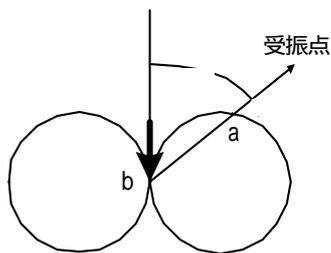
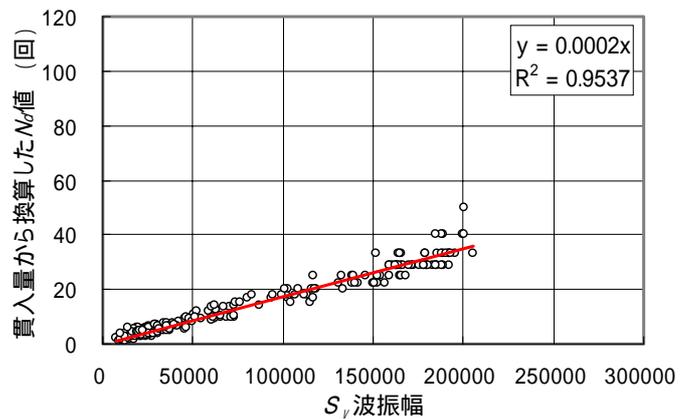


図 - 1 試験概要図

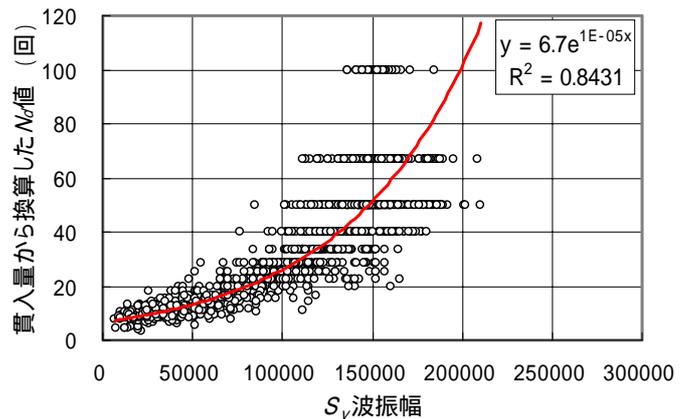


孔底bに孔軸方向の力(太矢印)を与えた場合、受振点方向へ伝播するSV波の相対振幅は線分abの長さに比例する。放射パターンは円となり、その直径を1とすれば、 $ab = \sin$ となる。²⁾

図 - 2 打撃貫入による S_V 波の放射パターン



(a)地下水位以浅 (G.L. -6.5m 以浅)



(b)地下水位以深 (砂礫層を除く)

図 - 4 1打撃毎の S_V 波振幅と N_d 値の関係

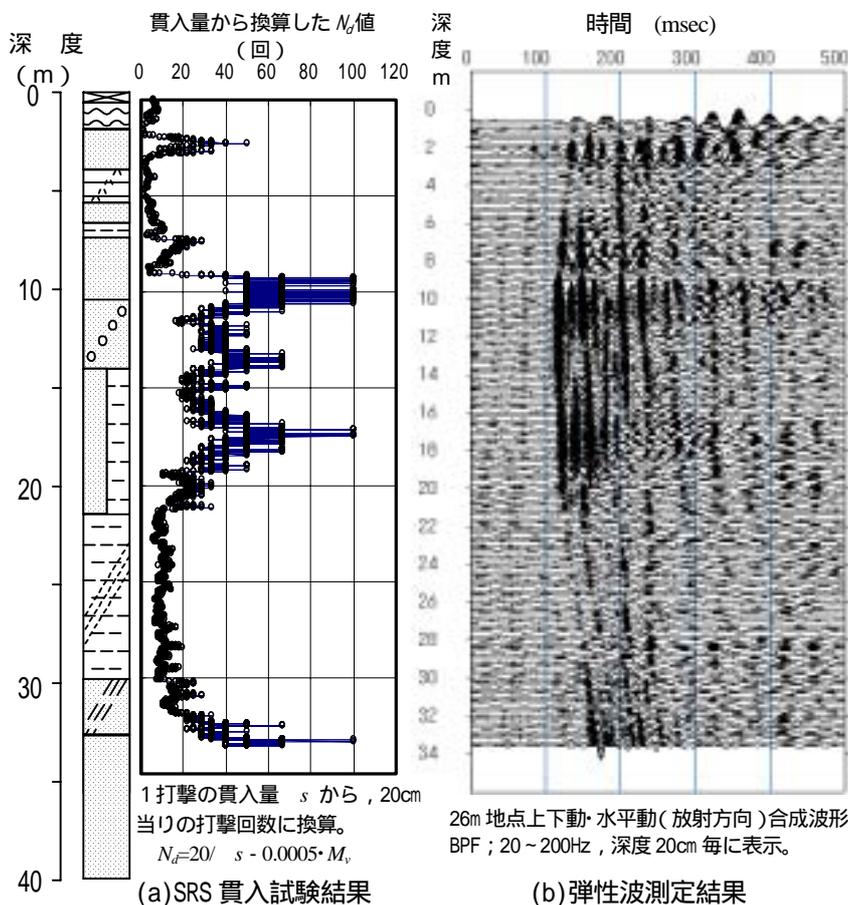


図 - 3 試験結果図

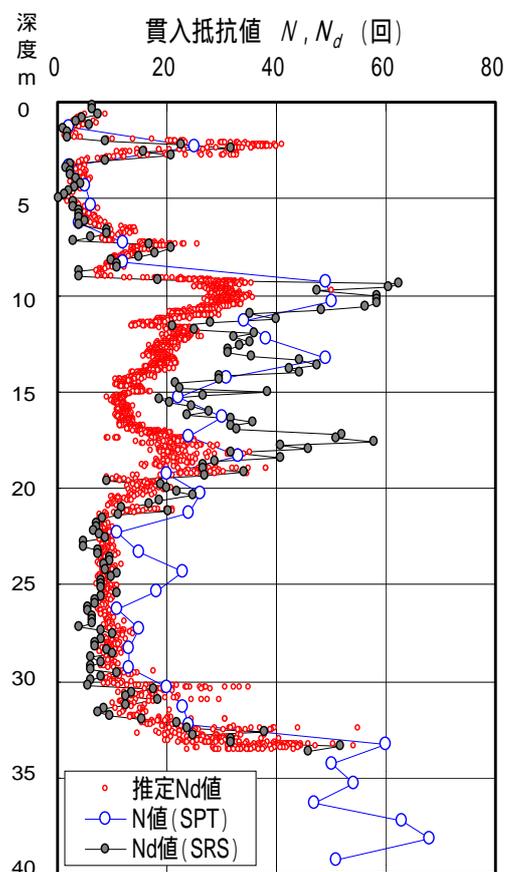


図 - 5 貫入抵抗値の比較図